

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE LODOS DE VINAZA, SOBRE LA ACTIVIDAD  
BIOLÓGICA DE LA LOMBRIZ EN SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE  
AZÚCAR ORGÁNICA DEL INGENIO PROVIDENCIA, MUNICIPIO DEL CERRITO –  
VALLE DEL CAUCA.

JUAN CARLOS CAICEDO REINA  
CODIGO. 6645872

ASESORES:

MSc ING. AGRÍCOLA CESAR AUGUSTO GASCA.  
ING. AGRÓNOMO EFIGENIO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA AGRONOMÍA  
PALMIRA, FEBRERO 2012

**DEDICO:**

**A Dios**

Porque siempre me brindó fortaleza y protección.

**A mis padres y familiares**

Por su protección y apoyo

**A mi Esposa**

Por su constante y muy veraz apoyo incondicional.

**A Mis Amigos y Amigas**

Quienes me siguieron en este camino brindando su compañía en cada una de mis labores académicas y personales.

## AGRADECIMIENTOS

ii

Gratifico a todas las personas que me colaboraron para que esta investigación se llevara a cabo:

Efigenio Hernández, Ing. Agrónomo, por su constante acompañamiento.

Reinaldo Giraldo, MSc Ing. agrónomo, por su apoyo académico.

Cesa Augusto Gasca Valderrama, MSc Ing. Agrícola, por ser mi guía.

Álvaro José López Nishi, Ing. Agrónomo por darme la oportunidad de pertenecer a la familia Providencia y ejecutar la investigación en esta importante empresa.

Javier Jaramillo Bravo, I. Agrícola jefe de laboratorio físico de campo.

Freddy Tobar, Auxiliar de laboratorio físico de campo.

Pedro Pablo Lenis, Auxiliar -I - Dibujante - Gerencia de Campo.

John Fernando Gutiérrez, supervisor zona centro.

Edward Andrés González, mayordomo hacienda El Alizal.

Oscar Guevara, por su colaboración en la extracción de los muestreos.

Juan Stevan, Fossi auxiliar de la planta de compostaje.

Oscar Farley Lozano, supervisor planta de compostaje.

Carlos Zapata, supervisor planta de compostaje.

Agradecimientos a todos los compañeros de la comunidad Unadista y del Ingenio Providencia que aportaron su grano de arena que conllevó a obtener unos resultados significativos en esta investigación.

iii

## RESUMEN

La investigación documentó las experiencias de aplicación de lodos de vinaza en la hacienda cañera el Alizal del Ingenio Providencia, Valle del Cauca, Colombia (3° 37' 36,7" N y 76° 19' 51,7" W) y evaluó turrículos de lombriz (peso, distribución en el surco y la calle y análisis químico) en 4 suertes con cepas de diferente edad (2, 3, 8 y 14 cortes) cultivadas orgánicamente. Todas las suertes recibieron aplicación de compost e incorporaron frijol caupi (*Vigna Unguiculata*) como abono verde, dos suertes (9.6 y 11.2 meses) se fertilizaron con vinaza, Green Life y microorganismos y dos (16.59 y 14.23 meses) vinaza, lodos de vinaza, Green Life y microorganismos. La unidad de muestreo (parcelas de 3m<sup>2</sup>) dentro de las suertes se seleccionó al azar, se realizaron dos conteos de turrículos distanciados 15 días y realizaron mapas para observar patrones espaciales de deposición de los turrículos en la calle y surco. Se observó mayor incidencia de turrículos en las suertes de cepas mas jóvenes debido posiblemente al menor embalconamiento (menor altura del surco por menor tiempo de sometimiento de las calles a la mecanización del terreno), mayor edad del cultivo y a la recuperación del terreno por el cese de operaciones al cultivo (riego y deshierbes). Se recomienda explorar la diversidad de lombrices que dinamizan estos terrenos sometidos a la intensificación industrial de la caña de azúcar orgánica.

**Palabras claves:** Vinaza, Lodos de vinaza, turrículos (coprolitos) de lombriz, caña.

## ABSTRACT

The investigation there documented the experiences of mud application of vinaza in the estate sugar plantation owner the Alizal of the Ingenuity Providence, Vale of the Cauca, Colombia (3rd 37 ' 36,7 " N and 76th 19 ' 51,7 " W) and evaluated turriculos of earthworm (weight, distribution in the rut and the street and chemical analysis) in 4 lucks with vine-stocks of different age (2, 3, 8 and 14 courts) cultivated organically. All the lucks received application of compost and incorporated bean caupi (*Vigna Unguiculata*) as green credit, two lucks (9.6 and 11.2 months) were fertilized with vinaza, Green Life and microorganisms and two (16.59 and 14.23 months) vinaza, muds of vinaza, Green Life and microorganisms. The unit of sampling (you parcel up of 3m<sup>2</sup>) inside the lucks was selected at random, two counts were realized of turriculos distanced 15 days and they realized maps to observe spatial patterns of deposition of the turriculos in the street and rut. Major incidence of turriculos was observed in the youngest lucks of vine-stocks owed possibly to the minor embalconamiento (minor height of the rut in minor time of subjection of the streets to the mechanization of the area), major age of the farming and to the recovery of the area for the cessation of operations to the farming (I water and weed). It is recommended to explore the diversity of earthworms that dinamizan these areas submitted to the industrial intencificacion of the organic sugar-cane.

**Keywords:** Vinaza, Muds of vinaza, turriculos (coprolitos) of earthworm, organic cane.

## **INDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>pág.</b>
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	3
2.1. Residuos de cosecha de caña de azúcar y subproductos de la producción de alcohol carburante.	4
3. Metodología	7
3.1. Localización	7
4. Resultados y Discusión	12
4.1. Interacción técnica de cultivo-producción de turrículos.	12
4.2. Análisis de muestras tomadas en campo	16
4.3. Experiencias en el manejo y aplicación de lodos de vinaza.	18
5. Conclusiones	22
6. Recomendaciones	23
7. Referencias	24
8. Anexos	26

## INDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Composición química de la vinaza.	5
<b>Tabla 2.</b> Historia agrícola de las suertes (201B, 211A, 213 y 215) cultivadas en caña orgánica.	10
<b>Tabla 4.</b> Análisis químico de turrículos por suertes.	28
<b>Tabla 5.</b> Características químicas de los lodos Ingenio Providencia.	29

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica hacienda El Alizal.	7
<b>Figura 2.</b> Mapa de la hacienda cañera el Alizal delimitada con las unidades de manejo (suertes).	8
<b>Figura 3.</b> Demarcación al azar del área de 3m <sup>2</sup> para muestreo.	9
<b>Figura 4.</b> Turrículos (coprolitos) de lombrices.	9
<b>Figura 5.</b> Cambio en el microrelievé de terrenos cultivados intensivamente con caña.	14
<b>Figura 6.</b> Galería de turrículos en el entorno de la cepa.	15
<b>Figura 7.</b> Distribución de los turrículos en dos calles de suertes sembradas con caña orgánica.	15
<b>Figura 8.</b> Peso de turrículos recolectados en muestras de 3m <sup>2</sup> .	16
<b>Figura 9.</b> Volúmen de suelo movilizado. Extrapolación a partir del volúmen de coprolitos recolectados en muestras de 3m <sup>2</sup> .	17
<b>Figura 10.</b> Muestreo en campo.	17
<b>Figura 11.</b> Plano de zonificación agroecológica de la hacienda el Alizal.	30
<b>Figura 12.</b> Plano de vulnerabilidad para la aplicación de vinaza, lodos de vinaza y compost.	32

## 1. INTRODUCCION

De las 28500 ha que el Ingenio Providencia S.A. tiene en la actualidad sembradas con caña de azúcar, 1100 ha (3.8 %) se encuentran manejadas bajo prácticas orgánicas. Esta forma de producción minoritaria, es resultado de la materialización de esfuerzos adelantados desde septiembre de 1999 cuando se realizó la primera producción comercial de Azúcar Orgánica, certificada por Biotropico S.A. De ésta manera, se ha incrementado el valor agregado al producto, permitiendo el acceso a nuevos mercados internacionales de Europa, Australia, Israel, Corea y Países de la comunidad Andina de Naciones.

Dentro de las prácticas orgánicas, aquella que presentó mayores cambios en referencia al modelo convencional fué el manejo de la fertilidad del suelo, que implicó la sustitución de fertilizantes de síntesis química por recursos orgánicos. Entre 1998 y 2002, el recurso orgánico que más se utilizó fué la cachaza. Posteriormente, se emplearon otros recursos orgánicos como gallinaza y vinaza, con el fin de mejorar el contenido de nutrientes esenciales como el N y K, respectivamente. Ya en 2008, se empleó el uso de abonamiento verde con la especie (*Vigna unguiculata sp.*) y recientemente se investiga con la aplicación de los lodos de vinaza como fuente de K (Gutiérrez, 2011).

La mayoría de recursos orgánicos usados en campo, son subproductos del proceso productivo de alcohol carburante, como es el caso de la cachaza, vinaza y lodo de vinaza. Este último, se genera en la decantación de los sólidos en suspensión una vez es almacenada la vinaza, siendo motivo de preocupación su aprovechamiento. Dentro del uso de vinazas en campo, se conocen trabajos en plantaciones de sorgo, piña y frutales. La aplicación de éste recurso se realiza en forma pura o mezclada con urea, boro, zinc y microorganismos. Gracias a su alto contenido de K, la vinaza ha comenzado a formar parte del plan de fertilización en el cultivo de la caña de azúcar, considerándose una práctica que optimiza el uso de recursos y el ciclaje de nutrientes dentro de la producción de azúcar orgánica.

Sin embargo, es necesario realizar evaluaciones tendientes a estimar el efecto de la aplicación de éstos recursos orgánicos al suelo, la sanidad del cultivo y los componentes de rendimiento del mismo. De las propiedades del suelo, la biota es aquella que muestra mayores cambios en el corto plazo, por consiguiente, puede ser utilizada como indicadora del efecto de prácticas tecnológicas. De allí que la evaluación de los patrones fisiológicos de especies como la lombriz de tierra, sean ideales para estimar la incidencia de la aplicación de recursos orgánicos sobre el suelo.

El presente trabajo, pretende evaluar el efecto de la aplicación de lodos de vinaza sobre la actividad biológica de suelos cultivados con caña de azúcar orgánica del Ingenio Providencia S.A., municipio del Cerrito, Valle del Cauca a través de estimar cambios fisiológicos en las lombrices de tierra presentes en suelos del Ingenio Providencia S.A., tratados con lodos de vinaza y documentar las experiencias de aplicación de lodos de vinaza en suelos del Ingenio Providencia cultivados con caña de azúcar orgánica.

## 2. MARCO TEORICO

Los derivados originados de la industria azucarera, paulatinamente se han ido convirtiendo en subproductos de valor agrícola en ingenios como el de Providencia. La asignación de terrenos para la producción de azúcar orgánica planteo modificaciones al itinerario técnico del manejo de la fertilidad del suelo, inicialmente implicó la sustitución parcial de fertilizantes de síntesis química por materiales orgánicos. Entre 1998 - 2002 el material dominante fue la cachaza, en 2002 se empleó la gallinaza como fuente nitrógeno, en 2006 se optó la vinaza y desde 2008 se usó el frijol caupi (*Vigna unguiculata sp.*) y ahora se inició a manera de investigación la aplicación de los lodos de vinaza como fuente de K (Gutiérrez, 2011).

El interés de determinar las contribuciones de la vinaza al suelo derivó en investigaciones apoyadas por la Universidad Nacional de Colombia, el Ingenio Providencia S.A y Cenicaña. Investigadores como Gasca *et al.* (2010) orientaron en campo la evaluación a los efectos en la actividad biológica ( $\text{CO}_2$ ) y C-biomasa microbiana por la aplicación de vinaza en suelos de textura fina y alto contenido de  $\text{Na}^+$ . Los resultados sugirieron que la vinaza influyó en la actividad y biomasa microbial del suelo contribuyendo al mejoramiento de propiedades químicas y estimulando la microbiota del suelo, limitada por la presencia del  $\text{Na}^+$  y otras sales del medio edáfico.

Como el manejo de la fertilidad de los terrenos cultivados con caña de azúcar orgánica se está trabajando con la mezcla de varios derivados de la agroindustria (azucarera, destilería y avícola) la experimentación con productos específicos en parcelas controladas pueden ser problemáticas en los resultados ya que no concuerdan con las combinaciones que se realizan en campo. La aparición reciente de aplicaciones de lodos de vinaza y los microorganismos eficientes (EM) se suma a la larga lista de enmiendas y activadores de la vida microbial del suelo.

Para apreciar el efecto de la diversidad de adiciones orgánicas al suelo, el enfoque biológico podría revelar algunos efectos de esta manera de cultivar caña de azúcar. La observación de la actividad anélida podría ayudar a dar cuenta de esta dinámica, ya que “las lombrices de tierra son organismos importantes del suelo, especialmente en ecosistemas productivos, debido a la influencia en la descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y el ciclo de nutrientes” (Ríos, 2011).

Decaens *et al.*, (2001) expresaron que las lombrices junto a termitas, hormigas y larvas de algunas especies de escarabajo conforman un grupo que muchos actores que se denominan “ingenieros del suelo”, ya que causan importantes modificaciones físicas (galerías, hoyos y depósitos de excrementos) modificando el ambiente para otros organismos y alterando la disponibilidad de hábitats y alimentos para otros animales y plantas.

Ríos (2003), expresó que el efecto de las lombrices sobre la estructura del suelo resulta de la acción neta de su alimentación y la actividad de las madrigueras, que los desechos de la ingestión de partículas del suelo y materia orgánica constituyen las excretas o coprolitos que una vez expulsados pueden erosionarse por el impacto de la lluvia o formar agregados sólidos estables a través de una variedad de mecanismos de estabilización.

Los coprolitos o Turrículos se presentan en forma de infinidad de agregados cilíndricos, cubiertos por una fina película muco-proteínica, membrana peritrófica” que aglutina y retiene microorganismos del suelo, compuestos húmicos, órgano-minerales y nutrimentos (<http://terranovalombricultores.com/que-es-la-lombricomposta/2011>).

## **2.1. Residuos de cosecha de caña de azúcar y subproductos de la producción de alcohol carburante.**

La existencia de varias formas de incorporación de la hoja de caña al suelo y del aporte de MO dependen de las variedades y de las operaciones de cosecha (quemada y en verde) y poscosecha (sistema de encalle, requema y adición de vinaza, lodos de vinaza y microorganismos). En las suertes cosechadas sin quema se estima que la adición de

hojarasca o paja de caña varía entre 13 y 29 t ha<sup>-1</sup> de materia seca (Oliveira *et al.*, 1999 citado por Terumi *et al.*, 2006) con aportes significativos en Ca (0.37%), Mg (0.10%), Na (0.16%), K (1.45%) y P (0.16%) y en base seca 1.15% de N y 94.7% de MO (Gonzalvo *et al.*, 2001).

En el suelo la dependencia microbial de fuentes de carbono procedentes de paja de caña de azúcar y vinaza, aumentan la producción de CO<sub>2</sub> y las actividades de la CM-celulasa (celulosa microcristalina) y de la CMC-celulasa (carboximetilcelulosa). Esta práctica puede favorecer la mineralización del carbono orgánico y producir energía y carbono asimilable, necesarios para las transformaciones microbianas de otros nutrientes en el suelo y para aumentar la producción agrícola (Terumi *et al.*, 2006).

De otro lado, Montenegro (2008) define la vinaza como una “suspensión marrón, de naturaleza ácida, subproducto de la fermentación del alcohol o del aguardiente, generada a temperatura aproximada de 107°C. Se estima que una tonelada de caña produce aproximadamente, 800 litros de vinaza. La tabla 1 muestra la composición química de la vinaza.

**Tabla 1.** Composición química de la vinaza.

Composición química de la vinaza	
Elementos	Calda mezclada
-----Kg/m3---	
N	0.33-0.48
P2O5	0.09-0.61
K2O	2.10 -3.40
CaO	0.57 -1.46
MgO	0.33 -0.58
SO4	1.50
Mat Orgánica	19.1-45.1
-----ppm-----	
Cu	2- 57
Zn	3- 57

PH	3- 50
Relación C/N	15

Fuente: Adaptación de Korndorfer & Anderson (1997), citado por Montenegro (2008).

### 3. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló mediante método experimental en campo, con un diseño completamente al azar estratificado con tamaño de muestra de  $3\text{m}^2$ . Con el fin de reducir los errores experimentales, se realizaron 18 réplicas por muestra distribuidas en cuatro suertes. Además, se tuvo en cuenta la variable tiempo con el fin de establecer la tasa de producción de turrículos por parte de las poblaciones de lombrices presentes. La diferencia de tiempo entre los dos muestreos fue de 15 días.

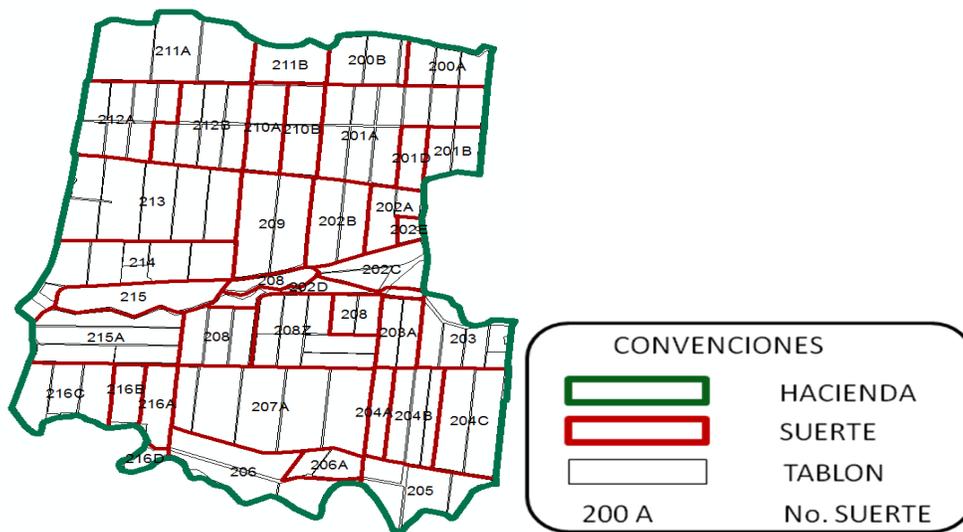
#### 3.1. Localización



**Figura 1.** Ubicación geográfica hacienda El Alizal. Fuente: SIG Ingenio Providencia.

La investigación se estableció en la hacienda cañera el Alizal, del Ingenio Providencia ( $3^{\circ} 37' 36,7''$  N y  $76^{\circ} 19' 51,7''$  W; con una precipitación promedio anual de 925mm, la temperatura promedio es de  $24^{\circ}\text{C}$ , y la altitud de 990 msnm), municipio de El Cerrito, Valle del Cauca.

Se seleccionaron las suertes<sup>1</sup> (201B, 211A, 213 y 215) en caña de azúcar orgánica (Tabla 2) las cuales comprenden la zonas agroecológicas, series de suelos Palmira y Galpón (Anexo 8 y 9) y tienen en común la variedad (CC 8592), el encalle, subsolado, aporque y manejo de arvenses. Se diferencian en que la fertilización orgánica de la 213 y 215 presentan lodos de vinaza, calidad diferente del agua de riego (pozo profundo y aguas residuales), número de cortes y edades de las cepas.



**Figura 2.** Mapa de la hacienda cañera el Alizal delimitada con las unidades de manejo (suertes), Ingenio Providencia, municipio de El Cerrito, 2011. Fuente: SIG Ingenio Providencia.

En el mes de abril se seleccionaron al azar 18 parcelas de 3m<sup>2</sup>/parcela (Figura 3), correspondientes a igual número de tablones, se realizaron dos repeticiones separadas en 15 días y se recolectaron turrículos de lombriz para observar el peso, la distribución en las calles y composición química.

Se entrevistaron a dos trabajadores agrícolas, un administrador ambiental y un auxiliar para documentar las experiencias sobre aplicación de vinaza y lodos de vinaza para generar

<sup>1</sup> Suerte: unidad de manejo de área variable con edad de cultivo uniforme, puede comprender una hacienda o fracciones de hacienda.

conocimiento acerca del uso en la agricultura industrial de estos subproductos agroindustriales procedentes de la destilación del alcohol carburante.

Para el análisis de la información se construyó la historia de manejo de las suertes, los modos de las operaciones técnicas y las observaciones cotidianas del autor, las cuales permitieron construir un relato que ayudara a explicar los resultados de la actividad de las lombrices.



**Figura 3.** Demarcación al azar del área de 3m<sup>2</sup> para muestreo. Fuente: El autor.



**Figura 4.** Turrículos (coprolitos) de lombrices. Fuente: El autor.

**Tabla 2.** Historia agrícola de suertes (201B, 211A, 213 y 215) cultivadas en caña orgánica en el Ingenio Providencia, municipio El Cerrito, Valle del Cauca, 2011.

Suertes	201B	211 A	213	215
Variedad	CC8592			
Área (ha)	5.20	22.6	29.31	9.56
N de cortes	14	8	2	3
Edad del cultivo(meses)	11.24	9.6	16.59	14.23
Zona agroecológica y Serie de suelos (anexo N° 5 y N° 6)	11H1, PL7Ln	11H1, P7ln	6H1, G18jn	11H1, PL7Ln
Vulnerabilidad (anexo N° 7)	Baja			
Sistema de Encalle (acomodar residuos de cosecha)	2 x 1			
Subsuelo (cenitandem, triple)	Tándem (primer semana) y triple (tercer semana)	Tándem (primer semana) y triple (tercer semana)	Tándem (primer semana) y triple (tercer semana)	Tándem (primer semana) y triple (tercer semana)
Aporque mecánico (prof.25cm)	De 40 a 45 días (periodo de floración del frijol)	De 40 a 45 días (periodo de floración del frijol)	De 40 a 45 días (periodo de floración del frijol)	De 40 a 45 días (periodo de floración del frijol)
Riego por gravedad (N, vol. y fuente)	Aguas residuales de la fabrica	Aguas residuales de la fabrica	Aguas residuales de la fabrica y pozo profundo	pozo profundo
Fertilización mecanizada	Vinaza enriquecida con Green Life, Industar y microorganismos		Lodos de Vinaza, Vinaza enriquecida con Green Life, Industar y microorganismos	
	Siembra de frijol Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> ) (17k/ha) a los 15 días e incorporación a los 45			
	Compost			
	Aplicación Gallinaza(6t/ha) a los 30 días e incorporación a los 45 días			
manejo de arvenses	Manual (deshierbas, rodeos)	Manual (deshierbas, rodeos)	Manual (deshierbas, rodeos)	Manual (deshierbas, rodeos)
Tipo de cosecha precedente	Mecanizado en verde	Mecanizado quemada	Mecanizado en verde	Mecanizado en verde

Fuente: El autor.

**Compost:** compuesto de hoja de caña, bagazo, cachaza, carbonilla, vinaza, aspersiones microbiales de reducción de olores y aceleración de la descomposición de la materia orgánica (EcoSystem Plus (anexo N° 2) y Bio-Blast (anexo N° 3)).

**Vinaza:** Enriquecida con Green Life (N 30%, Ca, Mg, S y Fe orgánico- mineral), 40gr de Enerplant (oligosacaridos (anexo N° 1), Dextrosa 79,99% Maltodextrina 19,99%), Industar (15% de N) y microorganismos M y M (Levaduras, *Azospirillum Brasiliense*, *Azotobacter Chroccocum*, *Azobacter vinelandii*, *Pseudomona Flouresens*, *Lactobacillus Lilacinus* y *Trichoderma*).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Interacción técnica de cultivo-producción de turrículos.

Al Evaluar la actividad de las lombrices de tierra, mediante la dinámica de turrículos (coprolitos) de lombrices en suelos del valle del cuaca en el Ingenio Providencia cultivados con caña de azúcar orgánica, se observó que la presencia de los turrículos fue mayor en cercanía a las cepas y predominó más en las calles donde estaban los residuos de cosecha que en las calles limpias (Figura 7). Debido a que existe mayor disponibilidad para la actividad biológica (micro y meso organismos); la concentración de turrículos fue mayor en las suertes 215 y 213 como se puede apreciar en la figura 8. Posiblemente, la madurez del cultivo 14.23 y 16.59 meses (tabla 2) de las anteriores suertes hace que el follaje proteja el suelo generando menor exposición a los rayos del sol, conservando por más tiempo condiciones microambientales, manteniendo humedad alrededor de la cepa y acumulando hojarasca. Otro aspecto importante de destacar está relacionado con la presión de mecanización, la cual se dejó de realizar desde hace 13 y 15 meses respectivamente; en el caso del riego, el cual causa inundaciones en el surco, ya no se realiza desde hace 3.23 y 6.59 meses y los deshierbes se dejaron de realizar hace 10 y 12 meses respectivamente. Situación que podría estar expresando cierto grado de recuperación de la dinámica de las lombrices después del manejo intensivo en preparación del suelo y riego.

Un factor que puede ayudar a explicar la mayor concentración de turrículos en la 215 es la cercanía al zanjón Yarumal, recolector de aguas de drenaje que en temporada de invierno puede conducir 300 l/seg y en sequías de 50 a 80 l/seg, constituyendo un aspecto importante de generación de humedad del suelo que dinamiza la actividad de la fauna Anélida. No obstante el menor contenido de M.O. (3.36%) respecto a la suerte 213 (5.69%) (tabla N° 3, en anexo 6), la cercanía a una fuente de humedad permanente como el zanjón Yarumal puede acrecentar la actividad de construcción de galerías para la deposición superficial de los coprolitos, al facilitar el medio suelo condiciones para humectar los cuerpos y evitar fricciones que afecten la salud de los macroinvertebrados anélidos.

Otra característica de estas suertes es el menor embalconamiento, este cambio en el microrelieve se debe a la edad de la cepa (3 y 2 cortes), es decir la mecanización repetida (subsuelo, aporque, fertilización y cosecha) va levantando el surco y definiendo el canal o microvalle por donde circula el agua por gravedad. En este microrelieve las calles “limpias” están más al contacto de la humedad por efecto del riego por el cual transporta las partículas a los drenes, presentando exposición de material arenoso, mientras que en las crestas donde se encuentra la cepa se forma una meseta en la que se acumula material orgánico y los efectos de las intervenciones técnicas no son muy fuerte ya que pueden afectar el sistema radicular de la cepa.

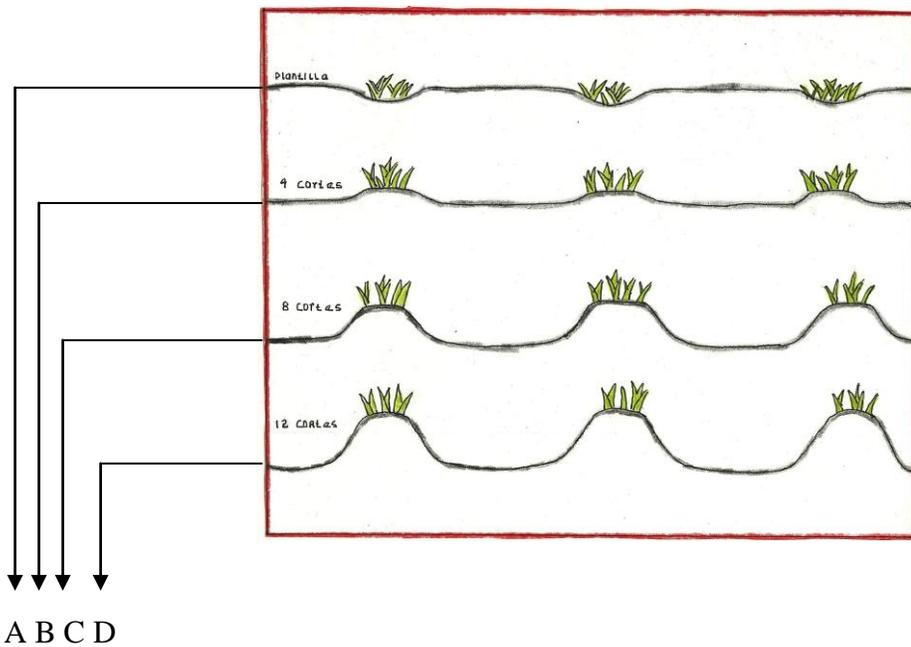
En estas mismas suertes se observó mayor presencia de turrículos dispersos en las calles con hojarasca que en las limpias, lo cual puede explicarse por la intervención mínima de manejo e incidencia del sol que se beneficia durante el ciclo del cultivo; al estar cubierta se omite el riego y la mecanización, la aplicación de los lodos cae sobre la hojarasca acelerando la descomposición y la vinaza termina aplicándose en las cepas. En un sistema de encalle 2 x 1 esta condición de actividad de la lombriz podría estar comprendiendo el 33% del área cultivada.

Las suertes 211A y 201B presentaron menor volúmen de turrículos (en calles y surcos), la mayor concentración se siguió observando en el entorno de la cepa. El contraste se expresó en que la suerte quemada fue la de mayor presencia de turrículos (211A), pero coincidió con un periodo de lluvia que pudo haber incidido en la recuperación de la actividad de las lombrices, la edad de la soca es menor (9.6 meses, 8 cortes equivalente a 9.3 años) y el grado de embalconamiento por el acumulado de labores mecanizadas es también menor.

En estas suertes de menor presencia de turrículos, además de corresponder a las socas de mayor edad (9.3 y 16.3 años), se caracterizaron porque el riego se realizó con aguas residuales industriales y domésticas, estas últimas son ricas en N y P, procedentes de dos lagunas de estabilización (aerobia facultativa y anaerobia), retenidas por 15 días con algas

sulfureductoras y bacterias anaerobias para descomponer la materia orgánica. En el plan de fertilización de estas suertes se omitieron los lodos de vinaza, solo se consideraron vinazas.

Como el acumulado de mecanización va profundizando la calle, eleva y adelgaza el surco, acorta la distancia original entre surcos y es posible que la fricción de las llantas compacte las paredes del surco. Es importante considerar el efecto de esta dinámica en la actividad de las lombrices para la producción de coprolitos, como se muestra en la figura 5.



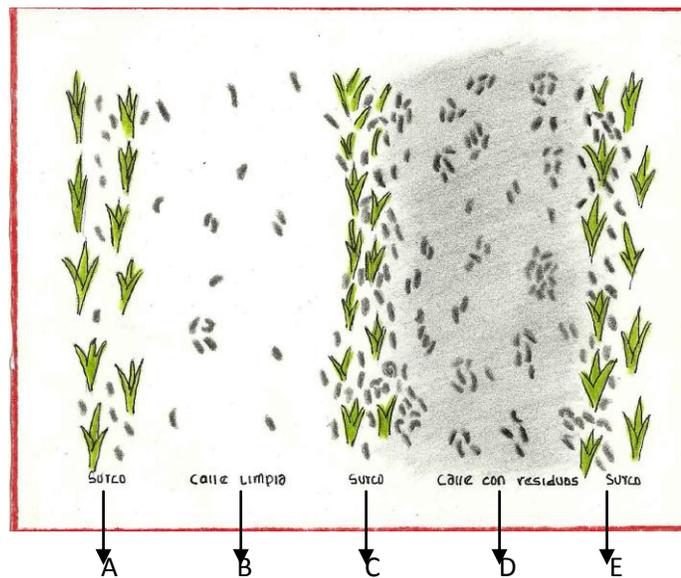
**Figura 5.** Cambio en el microrelievé de los terrenos cultivados intensivamente con caña: **A.** cuando se realiza la siembra, **B.** a los 4 cortes, **C.** 8 cortes y **D.** 12 cortes. Fuente: El autor.

La edad del cultivo de (9.6 y 11.24) llevan menos tiempo de haber suspendido las labores culturales correspondientes, ocasionando que la actividad de las lombrices disminuya pero al igual que las suertes aplicadas con lodos la mayor concentración de los turrículos se presenta en los surcos y calles con residuos de cosecha.



**Figura 6.** Galería de turrículos en el entorno de la cepa. Fuente: El autor.

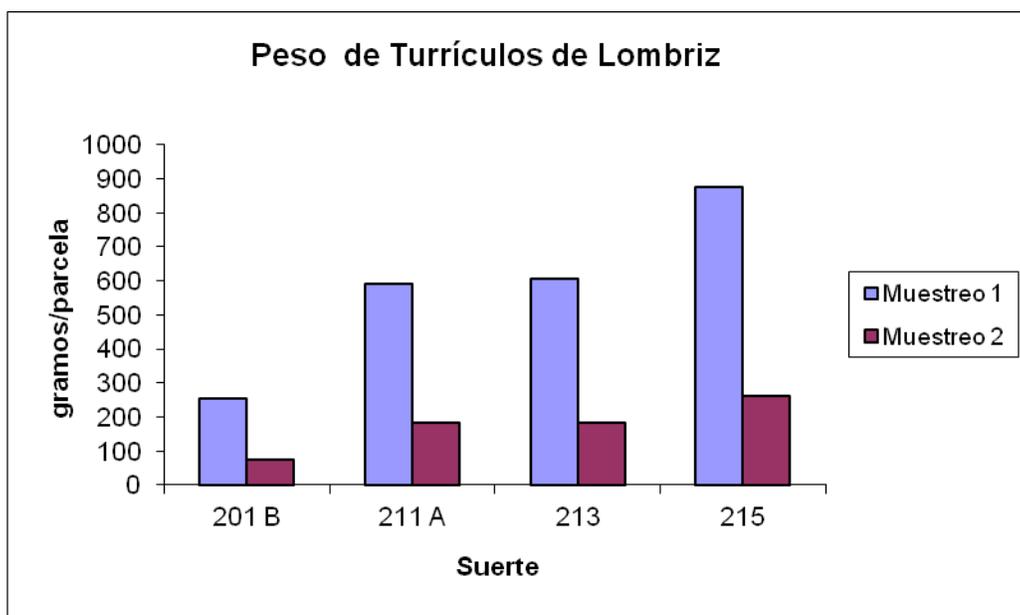
En la anterior imagen se observa el gran número de turrículos en cercanía de la cepa y además la humedad que mantiene este sector.



**Figura 7.** Distribución de turrículos en dos calles de suertes sembradas con caña orgánica: A, C, E corresponden a surcos de caña, B y D calles; B corresponde a calle sin residuos de cosecha y D calle con residuos de cosecha sin quemar. Fuente: El autor.

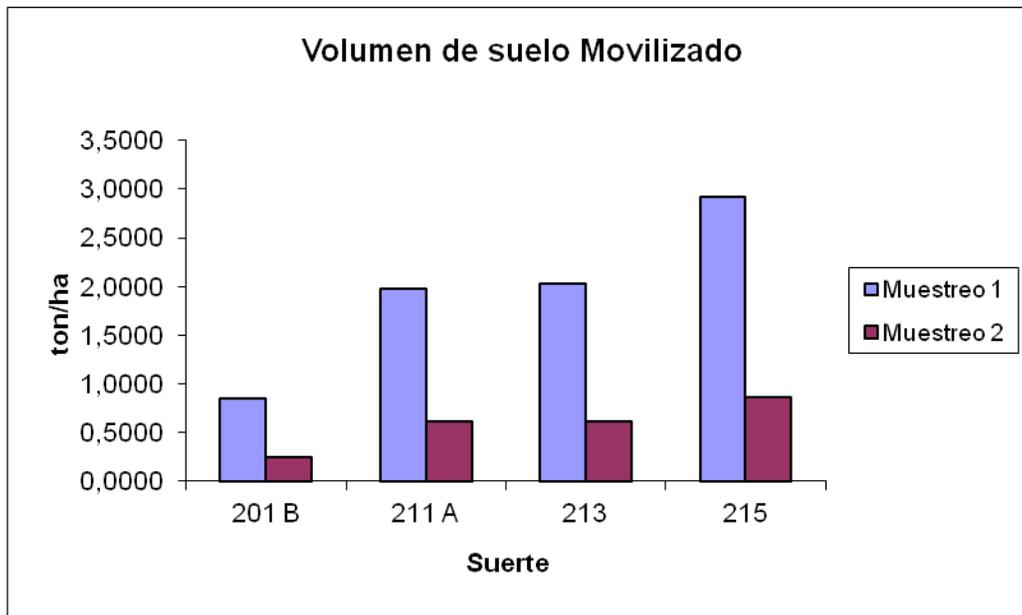
## 4.2. Análisis de muestras tomadas en campo

Al inicio de la evaluación se tenía una acumulación inicial de turrículos en el suelo, lo que se encuentra claramente definido en la grafica 8 al inicio de las evaluaciones, posterior al muestreo se evidencia una disminucion significativa de la actividad de las lombrices puesto que el periodo de evaluación fue de 15 días, sin embargo la actividad fue significativamente notable en el corto periodo de evaluación.



**Figura 8.** Peso de turrículos recolectados en muestras de 3m<sup>2</sup>. Fuente: El autor.

A pesar del procedimiento que se tuvieron en cuenta al extrapolar en cualquier planteamiento experimental biológico, sorprende el volúmen de suelo/ha movilizado por las lombrices, teniendo en cuenta de que el cálculo se realizó durante dos recolecciones distanciadas 15 días y considerando que el pesaje no abarcó la totalidad de los turrículos porque habían perdido la estructura. También hay que tener en cuenta que el primer muestreo comprendió un acumulado de turrículos, pero el calculo de la deposición anual/ha podría sorprender aun mas.



**Figura 9.** Volúmen de suelo movilizado. Extrapolacion a partir del volúmen de coprolitos recolectados en muestras de 3m<sup>2</sup>. Fuente: El autor.



**Figura 10.** Muestreo en campo. Fuente: El autor.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis químico de los coprolitos por suertes, los cuales pueden expresar la composición química del horizonte habitado por las lombrices y la movilidad de nutrientes y microorganismos hacia la superficie del suelo, se encontró que

los turrículos en general presentan altos contenidos de M.O, excesivas concentraciones de P, K, Ca y S (2600 ppm), bajos niveles de elementos menores (B, Cu, Mn y Zn), altos contenidos de Fe que pueden indicar umbrales de toxicidad y un contenido de N que oscila entre normal y muy alto. En cuanto a las relaciones M.O-N, M.O-C y C/N el análisis la reporta como buena, buena y baja, respectivamente (Jaramillo, 2011).

El análisis químico igualmente resalta el potencial nutritivo dominante de la suerte 201B, seguida por la 215, 213 y 211A respectivamente (anexo 6); mas sin embargo al relacionar este contenido nutricional con el volumen movilizado durante la primera recolección, la suerte 215 presentó mayor carga nutritiva. Para el caso de P las lombrices alcanzarían a movilizar 4.6kg/ha y a los 15 días siguientes 1.38kg/ha. Estos valores pueden ayudar a imaginar la dinámica en la fertilidad del suelo propiciado por las lombrices y sus microorganismos digestivos durante el ciclo de vida del cultivo y en condiciones de manejo que propicien esta actividad.

Los turrículos encontrados en la cresta o microrelieve tenían mayor concentración en la base de los tallos, donde predomina más la humedad, por lo tanto al manipularlos en la recolección perdían la forma cilíndrica como lo depositan las lombrices con un diámetro que oscilaba entre 1 y 7 mm.

#### **4.3. Experiencias en el manejo y aplicación de lodos de vinaza.**

En entrevista celebrada con el supervisor de zona central John Fernando Gutiérrez, quién viene trabajando con el ingenio Providencia desde hace 18 años, de los cuales desde 2006 esta vinculado con el programa de aplicación de vinaza en las haciendas cañeras (propias y de proveedores) de la zona central, se abordaron los asuntos de aplicación (estado fenológico apropiado), observaciones sobre el desarrollo de la planta y descomposición de hojarasca y efectos observados en la producción.

Gutiérrez (2011), afirma que el proceso de aplicación de lodos de vinaza establecidos en las parcelas de estudio se realiza mecánicamente con un Vactor (tanque de 6000 litros accionado por el toma fuerza de un tractor que succiona y expulsa lodos) que esparce en forma de abanico hasta 6 surcos, alcanzando un rendimiento de aplicación de 30 min/ha. Ante el rango amplio de tiempo en la aplicación de lodos de vinaza la observación de John Fernando Gutiérrez establece que para evitar quemaduras del follaje y atrasos en el desarrollo, es recomendable, en socas, los primeros 10- 15 días después del corte y, en plantillas, antes de preparar y adecuar terrenos.

Como las observaciones de John Fernando Gutiérrez también comprendieron suertes en las que no se aplicó lodos de vinaza, le permitió detallar el comportamiento de la descomposición de los residuos de cosecha. Esta comparación lo llevó a concluir el efecto acelerador de los lodos de vinaza sobre la descomposición de la hojarasca.

Otra experiencia vista desde la coordinación de actividades para la aplicación de vinaza y lodos de vinaza es la del mayordomo Edward Andrés González, de la Hacienda el Alizal, zona central del Ingenio Providencia, quien desempeñó el oficio como cabo de riego durante 3 años, luego paso a auxiliar de mayordomía y en la actualidad se desempeña como mayordomo. Los asuntos de la entrevista se trataron de indagar las observaciones sobre el momento de la aplicación de lodos de vinaza, germinación y desarrollo del cultivo, efectos de la aplicación, tipo de suelos en los que se ha encontrado mejor respuesta y descomposición de los residuos de cosecha.

González (2011), observó que el rango de 15 días después del corte resultaba muy amplio para la aplicación de lodos de vinaza. Cuando esta se realizaba al final del rango los brotes estaban bien definidos y las gotas de la aspersion que caían en estas primeras hojas ocasionaban quemazón y posible atraso en el desarrollo del cultivo; estas observaciones permitieron establecer nuevas pautas de aplicación: para plantilla se recomendó antes de la siembra y sobre el surco, para soca inmediatamente después de la cosecha.

Respecto a los tipos de suelo, se consideró que la aplicación de lodos en aquellas suertes de textura liviana contribuye a elevar el contenido de materia orgánica mejorando cualidades físicas como la retención de humedad, la cual se expresa en mejoras en la eficiencia del riego (González, 2011).

La posibilidad de comparar la aplicación entre suertes le permitió observar que el proceso de degradación de los residuos de hoja de caña se aceleró en las suertes que recibieron los lodos de vinaza. Lo anterior pudo deberse al enriquecimiento con fuentes orgánicas que proporcionan energía para los microorganismos descomponedores las cuales propician un medio de cultivo para la actividad microbial. Esta observación concuerda con lo reportado por Montenegro (2008), citado por Gasca (2010), sobre las fluctuaciones de materia orgánica cuando se aplica vinaza mezclada con KCL.

De otro lado, se relaciona un efecto entre la aplicación de lodos de vinaza y la tasa de descomposición de la hojarasca de caña. González (2011), afirma que la hojarasca que se sometió a la aplicación con lodos de vinaza se descompuso entre 6 a 7 meses, mientras que en ausencia del tratamiento tardó 8 meses. Igualmente expresa que esta degradación influye en la germinación temprana de arvenses y que es necesario concentrar la mirada en los posibles cambios.

Otra percepción sobre el comportamiento de los lodos de vinaza procede de Juan Esteban Fossi, Administrador Ambiental que se desempeña como auxiliar de la planta de compostaje del Ingenio Providencia desde hace 6 años. En este espacio se manejan residuos de la agroindustria de la caña de azúcar y destilación de alcohol (hojas, bagazo, cachaza, carbonilla, vinaza y lodos de vinaza), y los temas objeto de conversación trataron sobre observaciones en el comportamiento, características y manejo.

Para Fossi, los lodos llegaron como un reto, al ver la características físico-químicas se dieron cuenta de la potencialidad para compostarla y lo que se hizo fue reemplazar la

cachaza por lodos de elevado contenido de nitrógeno y bajo en carbono orgánico, de ahí el desafío de balancear la baja relación C/N de los lodos.

Las vinazas a 90°C llegan a compostaje por tubería a los sedimentadores para extracción de sólidos y posteriormente pasan a los reservorios recubiertos con una geomembrana que evita la infiltración. Los lodos según Fossi (2011), asemejan una pasta viscosa sin porosidad que tienen 36% de MO, que requieren aireación para la actividad microbial y estructura porosa que puede ser aportada por bagazo y hoja de caña. Otro desafío es mantener los lodos limpios en sedimentadores, reservorios y en el proceso de compostaje, ya que han pasado por un proceso de destilación donde fueron sometidos a altas temperaturas que evitan la contaminación con *Salmonellas*, *Coliformes* y *Fussarium*.

Fossi (2011), afirma que las pilas de compost preparadas con lodos de vinaza requieren mas cantidad de bagazo que las pilas con cachaza, por tal razón se incrementa el costo debido a que el bagazo tiene un valor comercial significativo ya que sirve como material combustible para las calderas, producción de energía y también es vendido a la planta propal para la fabricación de papel; el tiempo para compostar los dos sustratos es de 70 días, la temperatura promedio del proceso de descomposición oscila entre 65°C y 70°C.

Otro observador del comportamiento de los lodos de vinaza es Carlos Zapata, trabajador de la planta de compostaje del ingenio Providencia, expresa que recientemente el bagazo se retiró como materia prima (fuente de carbono) para el armado de las pilas, sustituyéndose por hoja de caña. Al caracterizar los lodos de vinaza manifiesta que existen tres tipos: los extraídos directamente de la destilería (decanter) con alto contenido de cal y muy bajo K, los procedentes de los des-arenadores y los que se extraen de los reservorios. Estos dos últimos son los ideales para compostar; y aunque tienen la característica de ser una pasta, considera que la descomposición puede lograrse con buena permanente aireación y regulación de la humedad a la pila.

## 5. CONCLUSIONES

- Se observó mayor incidencia de turrículos en las suertes de cepas mas jóvenes 213 y 215 debido posiblemente al menor embalconamiento (menor altura del surco por menor tiempo de sometimiento de las calles a la mecanización del terreno), mayor edad del cultivo y a la recuperación del terreno por el cese de operaciones al cultivo (riego y deshierbes).
- Por la experiencia relatada de los trabajadores, la aplicación de lodos de vinaza está acelerando la descomposición de la hojarasca en las calles la cual ameritaría una observación o un examen más detallado del proceso.
- La cobertura vegetal, ya sea hojarasca o el follaje del cultivo da unas condiciones microambientales buenas ya que impide que el suelo este expuesto a los rayos del sol favoreciendo la actividad biológica de las lombrices.
- Las labores culturales (mecanizadas y manuales) afectan negativamente la formación de galerías para la deposición superficial de los coprolitos.

## 6. RECOMENDACIONES

- Esta observación sobre la aplicación de lodos de vinaza amerita atención para examinar la velocidad de degradación del material respecto a la edad del cultivo y a la protección del suelo.
- Resulta importante monitorear este fenómeno biológico para indagar sobre el efecto que puede tener en la aparición temprana de arvenses.
- Ante la composición y el volumen de turrículos que se podría tener durante el ciclo de cultivo, es importante examinar la condición del riego en relación con el arrastre de turrículos hacia la parte más baja de la suerte, o peor aún, hacia las zanjas de desagüe, perdiendo de esta manera el contenido nutritivo y los beneficios al desarrollo del cultivo.
- Se recomienda explorar la diversidad de lombrices que dinamizan estos terrenos sometidos a la intensificación industrial de la caña de azúcar orgánica.
- Como los lodos de vinaza comienzan a incursionar en el cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Providencia, haciendo parte del abanico de enmiendas para el suelo, es importante emprender evaluaciones que puedan ofrecer resultados sobre las contribuciones que tienen en el suelo, en el estado sanitario de la población cultivada y en la elaboración del rendimiento de la caña.

## 7. REFERENCIAS

Decaens, J.H. Galvis y E. Amézquita. 2001. Propiedades de las estructuras construidas por los ingenieros del ecosistema en la superficie del suelo de una sabana Colombiana. [webapp.ciat.cgiar.org/tsbf\\_institute/pdf/arado\\_natural\\_parte3.pdf](http://webapp.ciat.cgiar.org/tsbf_institute/pdf/arado_natural_parte3.pdf). pág. 3.

(Enerplant: fertilizante orgánico:disponible en <http://translate.google.com.co/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.enerplant.com/> acceso: agosto 24 2011).

Fossi, J. S. 2011. Entrevista. Administrador Ambiental. Auxiliar planta de compostaje. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito.

Gasca, C. A. 2010. Cambio en el PSI y la RAS de un suelo y su influencia en la actividad biológica y la biomasa microbiana. Tesis de grado Magister en suelos, Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 14 p. Disponible en: [www.bdigital.unal.edu.co/2127/](http://www.bdigital.unal.edu.co/2127/). Acceso: 10 de Febrero de 2011.

González, E. A., 2011. Entrevista. Tecnólogo en producción agrícola. Mayordomo hacienda El Alizal. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito.

Gonzalvo S., Nieves D., L y J., Macías M., Carón M., Martínez V. 2001. Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. *Livestock Research for Rural Development* (13)2. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm>. Acceso: 25/11/11.

Gutiérrez, J F., 2011. Entrevista. Administrador de Empresas. Supervisor zona central. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito.

<http://terranovalombricultores.com/que-es-la-lombricomposta/28/09/2011>. Acceso: 10 de Octubre de 2011.

Jaramillo, J., 2011. Entrevista. Ing. Agrícola. Jefe laboratorio de campo. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito.

Lozano, O. F., 2011. Entrevista. Tecnólogo agroindustrial. Supervisor Planta de Compostaje. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito.

Montenegro, S. P. 2008. Influencia de la aplicación de vinaza sobre la presencia, actividad y biomasa microbiana del suelo en el cultivo de maíz dulce (*zea mays*). Trabajo de magíster en ciencias agrarias énfasis suelos, Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Pag. 20.

Ríos S. Yolmar. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Decanato de Agronomía. Cátedra de Zoología Agrícola. IMPORTANCIA DE LAS LOMBRICES EN LA AGRICULTURA. E-mail: [yrios@ucla.edu.ve](mailto:yrios@ucla.edu.ve) pag. 47, 2011.

Terumi S. L., Assis L. C., de Oliveira J. A. , Nahas E. 2006. Mineralización de la Paja de Caña de Azúcar en Suelo Adicionado con Viñaza (Subproducto de la Industria del Alcohol de Caña de Azúcar) y Fertilizante Nitrogenado. *Agricultura Técnica* (Chile) 66(1): 90-97.

Tratamientos químicos industriales. disponible en [tquin@uniweb.net.co](mailto:tquin@uniweb.net.co) Pág. 3, 2011-10-10.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Los oligosacaridos Al aplicarse a las Plantas actúan como bioestimulantes del Crecimiento y Desarrollo vegetal y como inductores de la Resistencia sistémica, Lo Que incrementa significativamente la Calidad y Rendimiento de los Cultivos (enerplant: fertilizante orgánico <http://translate.google.com.co/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.enerplant.com/> acceso: agosto 24 2011)

En cuanto a la fertilización se emplean productos aportantes de Nitrógeno (N) como la gallinaza, el frijol y Green life, de Potasio (K) la vinaza que también aporta materia orgánica

**Anexo 2.** (El **EcoSystem Plus** es completamente orgánico para: Disminuir y eliminar olores, acelerar el proceso de compostaje hasta en un 20%, mejora la textura y consistencia del compostaje hasta en un 100%, reducir los costos del compostaje al tener menor tiempo y una mejor calidad en textura y con el tratamiento con **El EcoSystem Plus** se obtiene un material más compostado). tquin@uniweb.net.co 2011.

**Anexo 3. Bio-Blast** es un producto biológico de microorganismos que trabaja como biorremediación y de la mano con la humedad de la materia orgánica para no permitir la emanación de ácidos sulfurosos, gases sulfurosos, metanos y amoniacos. (Lozano. O. 2011)

**Anexo 4.** Movimiento del suelo por medio de turrículos de lombriz.

Suerte 201B

$$3\text{m}^2 \quad 254.2\text{g} = \frac{2542000}{3} = 847333.33\text{g} = 0.84733\text{t}$$

$$10000 \quad \times \quad 3$$

Suerte 211A

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 591.86\text{g} = \frac{5918600}{10000} = 1972866.667\text{g} = 1.97286\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

Suerte 213

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 607.07\text{g} = \frac{6070700}{10000} = 2023566.667\text{g} = 2.0235\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

Suerte 215

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 875.34\text{g} = \frac{8753400}{10000} = 2917800\text{g} = 2.9178\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

**Anexo 5.** Movimiento del suelo por medio de turrículos de lombriz a los 15 días.

Suerte 201B

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 72.66\text{g} = \frac{726600}{10000} = 242200\text{g} = 0.2422\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

Suerte 211A

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 182.47\text{g} = \frac{1824700}{10000} = 608.23\text{g} = 0.6082\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

Suerte 213

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 183.58\text{g} = \frac{1835800}{10000} = 611.93\text{g} = 0.6119\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

Suerte 215

$$\begin{array}{l} 3\text{m}^2 \quad 260.09\text{g} = \frac{2600900}{10000} = 866.96\text{g} = 0.8669\text{t} \\ \quad \quad \quad \text{X} \quad \quad \quad 3 \end{array}$$

**Anexo 6.** Tabla 3. Análisis químico de turrículos por suertes cultivadas en cañas orgánicas del Ingenio Providencia S.A, El Cerrito, Valle del Cauca, 2011.

<b>METODOLOGIA DE ANALISIS</b>	
Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestión nitroperclórica	
S:	Turbiedad
M.O, C.O:	Walkler Black
P:	Digestión nitroperclórica
N:	Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetria)



**INGENIO PROVIDENCIA S.A.**

**Laboratorio Químico de Campo**

**Análisis de fertilizantes y otros.**

**Fecha:** Julio 12 de 2011

**PARA:** ING. Luis Eduardo Cardona: Juan C Caicedo

**MUESTRA:** **Lombricompuesto** Hda el Alizal

**Fecha de ingreso:** Agosto/17/2011

N°		<b>Determinación</b>								
Lab.	Ste	pH	M.O	C.O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
4405	201-B	6,90	5,43	3,16	0,36	0,26	2,37	2,06	0,68	0,10
4406	211-A	7,50	3,11	1,81	0,18	0,16	1,18	1,58	0,54	0,05
4407	213	7,30	5,69	3,31	0,26	0,15	1,85	2,01	0,56	0,08
4408	215	7,70	3,36	1,95	0,17	0,16	2,35	2,30	0,49	0,10
<b>Micronutrientes ppm</b>										
B	Cu		Fe		Mn		Zn			
	6,62		96,57		31808,31		589,09			109,37
	5,85		41,02		20149,61		472,97			77,94
	5,64		64,69		27252,04		548,63			88,40
	5,85		65,60		33588,44		685,13			86,01

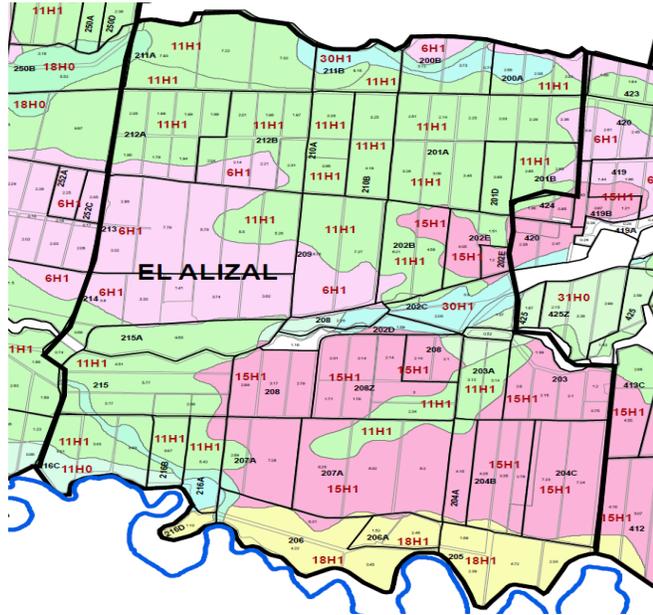
Fuente: Laboratorio de campo Ingenio Providencia, 2011.

**Anexo 7.** Tabla 4. Características químicas de los lodos Ingenio Providencia

METODOLOGIA DE ANALISIS											
Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestión nitroperclórica											
S:Turbiedad											
M.O,C.O: Walkler Black											
P: Digestión nitroperclorica											
N: Kjeldahl											
B: Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)											
Muestra 1: Lodo material diluido											
Muestra 2: Bombeo tanque al lecho de secado											
Muestra 3: Bombeo solo lodos 2 <sup>a</sup>											
N°	Mtr a	Determinación %									
Lab.	N°	C.O	M.O	Tota	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	Mg O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	S	
2691	1	30,30	44,03	4,10	0,92	3,57	0,84	4,00	0,44	1,68	
2692	2	8,70	11,13	1,01	0,24	1,16	0,31	1,49	0,16	0,52	
2693	3	17,80	45,57	3,90	0,81	3,61	0,88	4,39	0,43	1,67	
Micronutrientes ppm											
B	Cu	Fe	Mn	Zn							
4,22	28,82	685,88	31,30	25,07							
0,28	4,00	137,00	8,00	4,00							
1,82	20,49	650,61	35,86	5,38							

Fuente: Laboratorio de campo Ingenio Providencia, 2006.

## Anexo 8. Zonas agroecológicas



**Figura 11.** Plano de zonificación agroecológica de la hacienda el Alizal. Fuente: SIG Ingenio Providencia.

**6:** Mollisols (8), Inceptisols (6), Vertisols (5). Suelos de textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, planos de terraza y llanuras de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

**11:** Mollisols (18), Inceptisols (6), Vertisols (2), Entisols (2), Alfisols (1). Suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial.

**H1:** Humedad normal En este grupo se incluyen las áreas con exceso de humedad inferior a 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta, así como aquellas áreas en donde, a pesar de presentar déficit de humedad, pueden ocurrir encharcamientos debido a la poca pendiente del terreno o por tener suelos de permeabilidad baja. En este grupo son convenientes la nivelación y el aporque.

## Anexo 9. Serie de suelos

### **SERIE GALPON (GL)**

El material de origen de estos suelos son aluviones finos, con características vérticas, en forma de grietas amplias y profundas, superficies de presión y de deslizamientos y estructura del suelo en cuña; así mismo, con la acumulación de abundante material calcáreo identificado como micelios y, concreciones y nódulos de diferentes tamaños y consistencias, que reaccionan violentamente con el HCl. Los suelos se caracterizan por tener un horizonte cálcico espeso, ser moderadamente profundos, bien a moderadamente drenados, de texturas finas y fertilidad natural alta a muy alta.

La unidad cartográfica está formada por los suelos Galpón clasificados como Typic Calciusterts, familia fina, esmectítica, isohipertérmica representados por el perfil modal CC728 y réplicas CC804, CC838, CC917. Presenta fases por la textura de la capa arable, profundidad efectiva y por pendientes.

6H0 – 6H1

### **SERIE PALMIRA (PL)**

Son suelos formados de sedimentos aluviales medios, bien drenados, de textura franco finas, con horizonte A de más de 50cm de espesor, profundos, sin limitaciones para la profundidad radicular y de fertilidad alta.

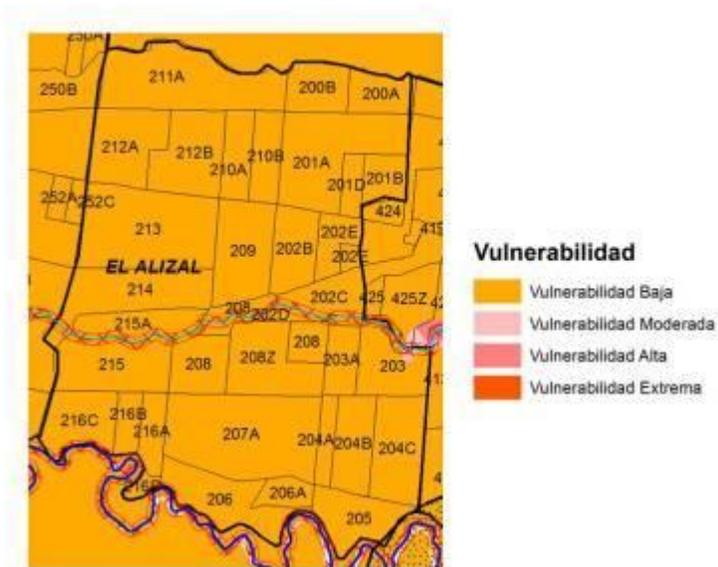
Esta consociación está formada por los suelos Palmira, clasificados como Pachic Haplustolls, familia francosa fina, mezclada, activa, isohipertérmica, representada por el perfil modal CC739 y replicas CC165, CC251, CC324, CC837 y variación CC807. Presenta fases por textura de la capa arable, profundidad efectiva y pendientes.

11H0 – 11H1 – 11H2

**G18jn=** **G1** significa que es un suelo Galpón, **8** clase textural fina, **j** mezclado activamente con material aluvial fino y **n** se refiere a la topografía que es fase plana.

**PI7ln=** **PI** es un suelo Palmira, **7** clase textural moderadamente fina, **I** mezclado con material grueso y **n** fase plana.

**Anexo 10.**



**Figura 12.** Plano de vulnerabilidad para la aplicación de vinaza, lodos de vinaza y compost. Ley 812/2003 Art. 89. Protección de zonas de manejo especial. Fuente: SIG Ingenio Providencia.